

УДК 621.326

В. М. Славков, асп.,
О. П. Давиденко, канд. техн. наук
 Національний технічний
 університет «Харківський
 політехнічний інститут»

О. Д. Купко, канд. техн. наук
 Національний науковий центр
 «Інститут метрології»

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОВІМІРЮВАЛЬНИХ ЛАМП РОЗЖАРЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВОГО ФОТОАПАРАТА

При порушенні термодинамічної рівноваги об'єкту з довкіллям на його поверхні виникає надлишкове температурне поле, характер якого дозволяє отримати інформацію про властивості об'єктів. При дослідженні теплових процесів у виробках використовують методи неруйнівного контролю теплового виду [1].

Достоїнствами теплового контролю є: дистанційність (для ІЧ-систем: тепловізорів, теплових дефектоскопів); висока швидкість обробки інформації; висока продуктивність випробувань; висока лінійна роздільна здатність; можливість контролю при одно- і двосторонньому підході до об'єкту; теоретична можливість контролю будь-яких матеріалів; багатопараметричний характер випробувань; можливість взаємодоповнюючого поєднання ТНК з іншими видами неруйнівного контролю; сполучуваність із стандартними системами обробки інформації; можливість потокового контролю і створення автоматизованих систем контролю і управління технологічними процесами.

Оптико-електронні методи контролю засновані на дослідженні температури контрольованих об'єктів по інтенсивності теплового випромінювання цього об'єкту. Ці методи широко використовуються в енергетиці, машинобудуванні, чорній і кольоровій металургії, хімічній, харчовій, текстильній промисловості у ряді виробничих технологічних процесів [2].

Широке застосування неруйнівних оптико-електронних методів контролю, зразків, що не вимагають вирізки, або руйнування готових виробів, дозволяє уникнути великих втрат часу і матеріальних витрат, забезпечити часткову або повну автоматизацію операцій контролю при одночасному значному підвищенні якості і надійності виробів [3]. Нині жоден технологічний процес отримання відповідальної продукції не впроваджується в промисловість без відповідної системи неруйнівного контролю.

Сучасними спеціалізованими безконтактними засобами вимірювання температурних полів об'єктів виступають пірометри і тепловізори, до складу яких входять ПЗЗ матриці, які використовуються в якості світлочутливого елементу. Проте існує можливість дослідження високотемпературних полів за допомогою цифрового фотоапарата, який дозволяє здійснити обробку цифрових температурних картин і отримати характеристики розподілу температур на поверхні об'єкту, виявити дефекти, присутні на поверхні, порушення однорідності, визначити теплофізичні властивості матеріалу [3].

Окрім цього, існує можливість застосування цифрового фотоапарата в завданнях світлових вимірів, а саме для аналізу кольорової температури зразкових світловимірювальних ламп розжарення. У цій області важливим науково-технічним завданням є правильний вибір режиму роботи цих ламп. Обумовлено це, передусім тим, що точної відповідності відносної спектральної чутливості приймача ідеальній отримати практично неможливо. Тому, якщо приймач проградуйований по випромінюванню з одним спектральним складом, а використовується для випромінювання з іншим спектральним складом, виникають систематичні похибки, тим більші, чим більше відмінність [4].

Спосіб дослідження, заснований на використанні цифрового фотоапарата, практично не розглядається в наукових і періодичних виданнях в області світлових вимірювань і метрологічного забезпечення, ведуться тільки окремі експериментальні роботи в цьому напрямі на базі ННЦ «Інститут метрології» і НТУ «ХПІ».

Мета статті полягає в аналізі основних характеристик ламп розжарення електричних світловимірювальних отриманих за допомогою цифрового фотоапарата.

При проведенні експериментів використовувалася світловимірювальна лампа розжарення класу СИС-107-500, основні характеристики якої представлені в таблиці 1 [5].

Таблиця 1.

Позначення типу	Номінальні значення			Граничні значення		Кольорова температура тіла розжарення, К
	Напруга, В	Потужність, Вт	Сила світла, кд	Сила світла, кд		
				не більше	не менше	
СИС-107-500	107	365	500	560	440	2800

Фотографування робилося за допомогою двох бюджетних фотоапаратів SONY DSC-H5 і SAMSUNG PL60 за наступною схемою, структурне зображення якої представлено на рис. 1. Скло молочного кольору марки MC20 розташовувалося на відстані 33см від світловимірювальної лампи (позиція а, рис.1), фотоапарат у свою чергу розташовувався на відстані 1-го, 2-х і 3-х метрів від скла (позиції b, c, d рис.1).

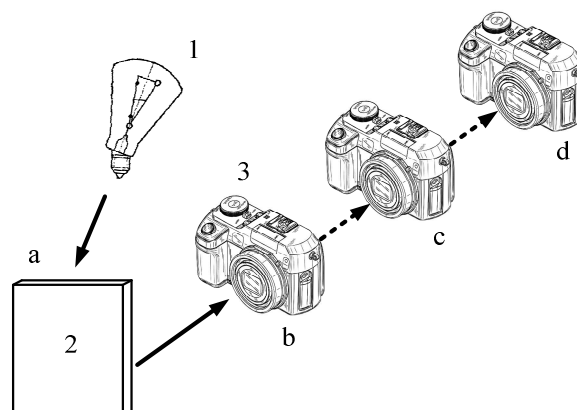


Рис. 1 - Схема проведення експерименту:
1 - СИС-107-500; 2 - скло; 3 - фотоапарат

В результаті експерименту отримані зображення освітленого за допомогою світловимірювальної лампи молочного скла. Фотоапарати були заздалегідь ідентично налагоджені за допомогою "ручних установок", таблиця 2.

Таблиця 2.

Параметр налаштування	Значення параметра налаштування	
	SONY DSC-H5	SAMSUNG PL60
Рівень спалаху	OFF	OFF
Експозамер	центрально-зважений	центрально-зважений
Баланс білого	лампи розжарення	лампи розжарення
ISO	200	200
Контрастність	norm	norm
Різкість	norm	norm
Кольоровий режим	norm	norm

Слід зазначити, що фотоапарати необхідно переводити в режим «ручних» або «програмних» установок для усунення автопідстроювання контрасту і яскравості зображення, значення рівня ISO, а також кольорових параметрів.

Значення рівнів R , G , B сигналів лежать у діапазоні від 0 до 255, це пояснюється принципом дії ПЗЗ матриці. Кожному пікселю такої матриці відповідає свій основний колір. Фотони, перш ніж потрапити на піксель, спочатку проходять через фільтр, який пропускає тільки хвилі свого кольору, хвилі іншої довжини (іншого кольору) поглинаються фільтром. Більшість сенсорів цифрових камер побудовано за принципом кольорової моделі Байєра. У цій системі фільтри розташовані упереміж, у шаховому порядку, а кількість зелених фільтрів у два рази більше, ніж червоних або синіх. Порядок розташування такий, що червоні й сині фільтри розташовані між зеленими.

Міжнародна комісія з освітлення (МКО) в 1931г. стандартизувала кольорову систему з монохроматичними випромінюваннями в якості основних кольорів R (700 нм), G (546,1 нм), B (435,8 нм). Одиничні кількості основних кольорів вибрані так, що їх енергетичні яскравості відносяться відповідно як 72,1:1,4:1,0. У цій системі координати кольору монохроматичних випромінювань (координати кольору $\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}$) показують, яка кількість одиниць основних кольорів відтворюється при змішуванні сприйманого кольору монохроматичного випромінювання цієї довжини хвилі потужністю в 1 Вт.

Наявність негативних координат для реальних кольорів незручно в обчислювальній роботі, тому МКО стандартизувала систему X, Y, Z із прямокутним кольоровим графіком, у якій основні кольори не є реально існуючими й криві додавання не мають ділянок з негативними значеннями. Основні кольори X, Y, Z обрані з таким розрахунками, що крива подібна кривій відносної спектральної ефективності ока. Тоді координата Y безпосередньо характеризує яскравість кольору [6].

При обробці отриманих зображень використовувався програмний пакет MathCAD, який дозволяє отримати значення рівнів R, G, B сигналів [7], далі, здійснювався перехід від кольорової системи RGB (0-255, ПЗЗ матриці) до кольорової системи Y_{xy} . Даний перехід можливий шляхом використання наступних алгоритмів перерахування (рис. 2) [8].

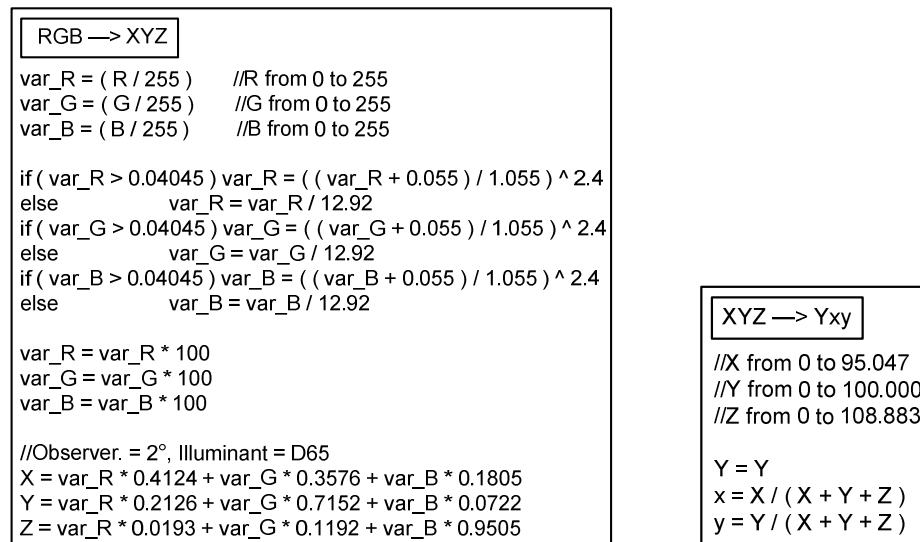


Рис. 2 - Алгоритми перерахування кольорових систем

Результати обробки отриманих за допомогою двох фотоапаратів зображень представлені в табл. 3. Фотографування проводилося серіями по п'ять кадрів для кожної з відстаней (позиції b, c, d див. рис.1). Потім, з кожного отриманого зображення виділялася ділянка 100×100 пікселів, що перебувала строго в геометричному центрі пластини скла. Відносні значення R,G,B сигналів для кожної з відстаней були отримані шляхом усереднення значень R,G,B сигналів отриманих в ділянці 100×100 пікселів, а також усереднення в серії з п'яти кадрів.

Таблиця 3.

Відстань, м	Рівні R,G,B сигналів і координати кольоровості Y, x, y											
	SONY DSC-H5						SAMSUNG PL60					
	R	G	B	Y	x	y	R	G	B	Y	x	y
1	240	222	205	75,2	0,34	0,35	106	108	107	14,9	0,31	0,33
2	243	225	208	77,4	0,34	0,35	104	105	106	14,1	0,31	0,33
3	224	226	210	74,9	0,34	0,35	101	101	100	13,0	0,31	0,33

Отримані дані говорять про те, що відстань фотографування не виявляє впливу на координати кольоровості x, y, однак впливає на значення Y, яке чисельно пропорційно яскравості отриманих знімків [9]. Однак, для фотоапарата SONY DSC-H5, як видно з таблиці 3 ця залежність не має убуваючого характеру в міру зростання відстані фотографування, у той час як для фотоапарата SAMSUNG PL60, ця залежність простежується.

Наступний експеримент проводився за тією ж схемою (рис.1), проте відстань була фіксованою і складала 1м, при цьому змінювалася напруга живлення світловимірювальної лампи СИС-107-500 в межах 105÷108 В. Результати експерименту приведені в таблиці. 4.

За результатами експерименту отриманих в таблиці 4 видно що, залежності координат кольоровості, а відповідно і кольорової температури від напруги живлення світловимірювальної лампи встановити не вдалося, проте існує залежність координати Y. Для фотоапарата SONY ця залежність має явно виражений зростаючий характер від зростання напруги живлення лампи (рис.3), для фотоапарата SAMSUNG ця залежність не простежується.

Таблиця 4.

Напруга живлення, В		105	106	107	108
Рівні R,G,B сигналів і координати кольоровості Y, x, y					
SONY DSC-H5	R	140	150	154	160
	G	123	133	137	144
	B	110	121	124	131
	Y	20,9	24,6	26,2	29,1
	x	0,349	0,346	0,346	0,343
	y	0,352	0,349	0,350	0,349
SAMSUNG PL60	R	49	47	48	54
	G	49	47	48	54
	B	49	47	48	54
	Y	3,1	2,8	3,0	3,7
	x	0,313	0,313	0,313	0,313
	y	0,329	0,329	0,329	0,329

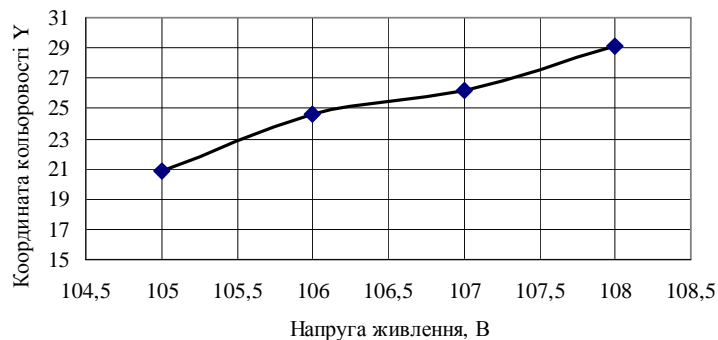


Рис. 3 - Графік залежності координати Y від напруги живлення лампи отриманий за допомогою фотоапарата SONY

Згідно [5, пункт 5.10] світлові параметри зразкових світловимірювальних ламп, що повіряються, слід визначати при напрузі, що відповідає номінальній кольоровій температурі. Проте аналіз експериментальних даних показав, що вимоги, що пред'являються до ламп розжарення електричних світловимірювальних, можуть бути необґрунтованими, тому що істотної різниці в кольоровій температурі від напруги живлення лампи встановлено не було. Крім того, існує ряд факторів що істотно впливають на спосіб дослідження за допомогою цифрового фотоапарата, детально описаних в [10]. Краще використовувати фотоапарат, який забезпечує можливість запису вихідних файлів (так званий «raw» або «tiff» формат) без попередньої обробки в самому фотоапараті. Можливо, також, застосування й найпоширенішого формату «jpeg», який є форматом стиску із втратами. У фотоапаратах у якості детектора оптичного випромінювання використовуються ПЗЗ матриці, аналогічні тим, які широко використовуються в науковій апаратурі. У свою чергу, особливість роботи цифрових фотоапаратів полягає в тому, що дані отримані із ПЗЗ матриці в більшості випадків передаються в процесор фотоапарата на обробку. Процесор може виконувати наступні операції:

- інтерполювати RGB кольори кінцевих точок зображення із сигналів навколишніх сенсорів усіх кольорів;
- застосовувати корекцію кольору відповідно до налаштувань балансу білого;

- застосовувати корекцію кольору відповідно до настроювань контрасту й насиченості;
- конвертувати результат в 8-бітний колір.

Це частково підтверджується відмінністю в результатах, отриманих за допомогою двох фотоапаратів. Отримані результати також підтверджуються при дослідженні за допомогою кольорового пірометра «Веселка» в ННЦ «Інститут метрології».

На даний момент цифровий фотоапарат без відповідного метрологічного забезпечення може використовуватися лише для порівняльного, а не абсолютного аналізу, тому подальші дослідження слід спрямувати на оцінку його метрологічних характеристик.

Список літератури:

1. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов: ГОСТ 18353:1979. – [Действующий от 1980-01-07]. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 40с.
2. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., и др. Теплотехнические измерения и приборы. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 232с.
3. Давиденко А.П. Применение цифровой фотографии в задачах неразрушающего контроля / А.П. Давиденко, В.Н. Славков // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2009 – №23.
4. Купко А.Д. Сравнительный анализ измерений светотехнических изделий транспортного назначения / А.Д. Купко, В.М. Бутенко, С.Г. Чуб // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 59. – С.110-121.
5. Лампы накаливания электрические светотехнические рабочие. Технические условия: ГОСТ 10771:1982. – [Срок действия с 01.01.83 до 01.01.90]. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 21с.
6. Луизов А.В. Цвет и свет. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинград, отдел., 1989. – 256с.
7. Maxfield B. Essential MATHCAD for Engineering, Science, and Math. – Academic Pres, 2009. – 528 p.
8. Color conversion math and formulas [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.easyrgb.com/index.php?X=MATH>.
9. George A. Agoston. Color Theory and Its Application in Art and Design. – Springer-Verlag, 1987. – 240p.
10. Давиденко А.П. Анализ факторов влияния при измерении высоких температур цифровым фотоаппаратом / А.П. Давиденко, В.Н. Славков // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010 – №20.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО ФОТОАППАРАТА

В. Н. Славков, А. П. Давиденко, А. Д. Купко

Рассмотрены вопросы применения цифрового фотоаппарата для исследования светотехнических ламп накаливания. Произведён анализ основных экспериментальных данных, полученных с помощью цифрового фотоаппарата. Выдвинута гипотеза про необоснованность требований нормативной документации в области светотехнических ламп накаливания.

PHOTOMETRIC ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF INCANDESCENT LAMPS WITH A DIGITAL CAMERA

V. Slavkov, A. Davidenko, A. Kupko

Questions of application of the digital camera for research of lamps of an incandescence of the electric photometric are considered. Will make the analysis of the basic experimental data received by means of the digital camera. The hypothesis about groundlessness of requirements of the standard documentation in the field of photometric lamps of an incandescence is put forward.